「労働安全衛生研究」, Vol. 2, No.1, pp.49-52, (2009)

資　料

フルハーネス型安全帯の必要性に関する研究紹介†

深　谷　　潔*1

フルハーネス型安全帯の胴ベルト型安全帯に対する優位性を，文献調査をもとに 2 つの観点から示す．一つは，落下阻止時の衝撃に関するもので，自動車のシートベルトに関する文献から広い範囲で分散して体を保持することの有効性を示す．もう一つは，落下阻止後の吊られた状態での身体負担に関する優位性で，従来日本ではあまり重視されていなかったが．吊り下げ状態は意外と人体に対する負担が大きいという結果が出ている．

キーワード: フルハーネス型安全帯，胴ベルト型安全帯，欧米規格，身体的負担

1　はじめに

日本では，フルハーネス型安全帯以外に従来型の胴ベルト型安全帯も認められているが，欧米ではフルハーネス型安全帯しか認められていない．胴ベルト型安全帯に較べてフルハーネス型安全帯の方が身体にかかる負担が小さいと考えられるが，フルハーネスの普及は進んでいない．その理由として，フルハーネス型安全帯の方が高価であるほか，その利点を示す具体的なデータがないことが挙げられる．そのため，本報告では，文献調査等により，フルハーネス型安全帯の利点を示し，その普及の一助としたい．

2　落下阻止時に身体にかかる負荷

安全帯により落下阻止をした場合には，自由落下の距離等に応じて少なからぬ衝撃が人体に加えられる．従来型の胴ベルト型安全帯でも，落下阻止した後，自力で這い上がりそのまま作業に従事したという話もあり，必ずしも危険であるとはいえないが，一方，一部の安全帯の取扱説明書[1]にもあるように，使用方法が適切でないと落下阻止時に腹部を圧迫するが，そのため内臓の傷害を受ける可能性もある．安全帯の落下衝撃試験を行うと数kNの衝撃荷重が発生するが，落下阻止時にはそれだけの衝撃が人体にかかるわけで，落下時の状況によっては傷害を生じる可能性がある．腰ないし腹部だけで衝撃を受ける胴ベルト型安全帯と股部等で衝撃を受けるフルハーネス型安全帯では，同じ衝撃でも人体に対する影響は異なる．

この差に関して，アメリカで墜落防止器具として胴ベルトの使用が禁止されたときのフルハーネスの使用を促すな論文[2]には，落下阻止後の身体の状態として写真 1 が紹介されている．胴ベルトの場合には落下阻止により鼻がつま先につくように体が折れ曲がっている．このような状態では腹部に圧迫等の大きな負荷がかかることが推定される．そして胴ベルトは「あなたを殺すこともある」との記述もある．

より具体的な現象について，人間の落下実験を行って人体への影響を調べることができれば衝撃の影響も明らかになるが，倫理的にそのような実験を行うことは許されない．従って，その影響については別な現象から類推せざるを得ない．

安全帯の落下阻止時と類似した衝撃が加わる現象として，自動車衝突時のシートベルトによる身体の保持がある．だれでも承知のように，以前は腰部だけで支える 2 点式シートベルトというものもあったが，現在では腰と肩で身体を支える 3 点式シートベルトに置き換わっている．この両者のシートベルトによる人体負荷は，胴ベルト型安全帯とフルハーネス型安全帯における人体負荷と類似するものと考えられる．次の章では，シートベルトの形式による身体への影響の差について紹介する．
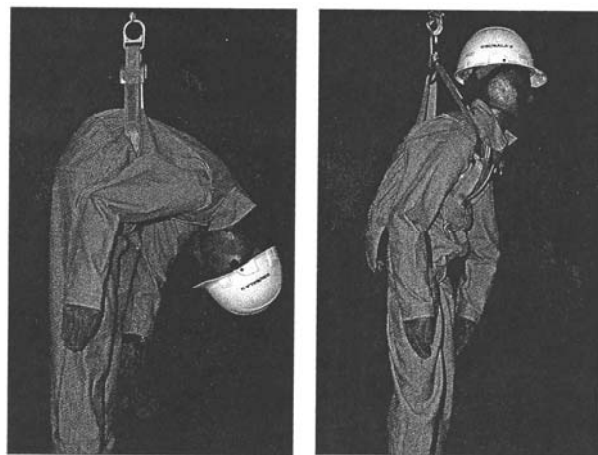
写真 1　落下阻止後の姿勢の違い[2]

3　自動車用シートベルトの形式による差

1)　自動車事故の分析

自動車死亡事故 52 例について，解剖学的重症度をもとに身体損傷パターンの分析と，シートベルトによりその損傷をどの程度軽減できるかを調べた研究[3]がある．この研究では，身体傷害を AIS(abbreviated injury scale)という手法で数値化している．これは，身体を頭，顔，胸，腹，四肢等に分け，各部位ごとに各傷害の程度を，軽微(1)から最大(6)までの 6 段階に分類するものである．

---

†　原稿受付　2009 年 01 月 13 日
†　原稿受理　2009 年 02 月 23 日
*1 労働安全衛生総合研究所人間工学・リスク管理研究グループ
連絡先：〒204-0024 東京都清瀬市梅園 1-4-6
労働安全衛生総合研究所人間工学・リスク管理研究グループ　深谷潔*1
E-mail: fukaya@s.jniosh.go.jp

運転者をシートベルトの有無で分類し，胸部（Chest）及び腹部(Abd.)AIS を比較検討したものを図 1 に示す．胸腹部ともにシートベルトなしが最も AIS が高く，2 点式, 3 点式シートベルト装着の順に AIS は低下している．

2) ダミーによる衝突実験

バスの乗客の防護手段として 2 点式シートベルトと 3 点式シートベルトの効果を比較した研究がある[4]．この研究では，ダミーを着座させたスレッドを 35km/h で射出して衝突実験を行っている．2 点 ELR 式シートベルト(緊急時のみロックするシートベルト)と 2 点固定式シートベルト及び 3 点式シートベルトの傷害値の比較を行っており，2 種類の 2 点式シートベルトの比較を図 2 に，また，2 点式シートベルトと 3 点式シートベルトの比較を図 3 に示す．

図 2 に示すように，ELR 付きシートベルトの場合，頭部傷害値が低減しているが, 他の傷害値は悪化している．また，図 3 に示すように，3 点式シートベルトの着用により，2 点式シートベルトに比べ，ほぼ全般にわたり傷害値が低減している．

3) 安全帯とシートベルトの類似性

これらの文献から明らかなように，3 点式シートベルトは 2 点式シートベルトより防護効果が優れている．安全帯とシートベルトについては差があるので，このデータがそのまま安全帯に適用できるわけではないが，荷重を分散して受けるフルハーネス型が保護性能の上で優れているのは明らかである．シートベルトと安全帯は，大きな衝撃を受ける方向と衝撃の速度の 2 点で事情が異なる．

衝撃を受ける方向に関しては，シートベルトでは身体に対して横方向であるが，安全帯の場合には，主に身体に対して縦方向である．自動車の衝突でシートの背を寝かした状態で衝突すると体がシートベルトに対してずれて潜り込むサブマリン現象というものが知られているが, 胴ベルト型安全帯の場合にはそれに近い現象が発生するものと思われる．落下時の姿勢によっては自動車の衝突と同様に横方向に荷重がかかることもありえる．

落下阻止時の速度については，ランヤード長さ分の 1.5m の自由落下では約 20km/h である．フックを引掛ける位置が足下の場合には 3m 落下となり，その場合には約 28km/h となる．いずれにしても前述のバスの衝突試験の場合の 35km/h より小さい．自動車の走行時の最大速度は市街地でも 35km/h 以上であると思われるので, 衝突前にはブレーキをかけたとしても，自動車の衝突時の速度の分布は，安全帯での落下阻止時の速度の分布と較べて，速度が大きい側に分布すると思われる．

近年，胴体部に集中して荷重がかかる 2 点式シートベルトが分散して荷重を受けられる 3 点式シートベルトに置き換わったが，この背景には身体に対する負担の差がある．安全帯においても，胴ベルト型安全帯とフルハーネス型安全帯で同様の身体的負担の差があると思われるが，自動車の衝突より速度が小さいため，落下阻止が必ずしも傷害につながらないで済んでいる状況と想像される．
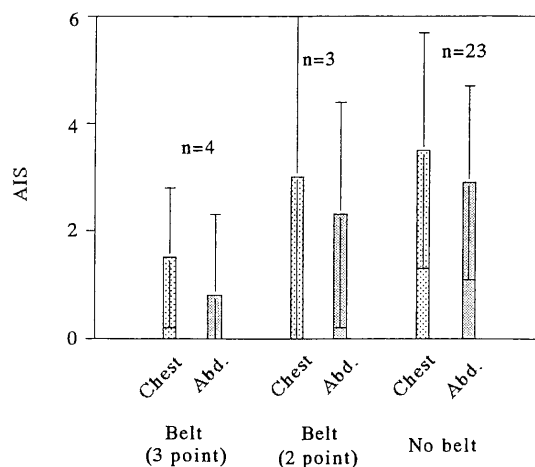
図 1 運転者の胸腹部 AIS とシートベルト装着の関係[3]
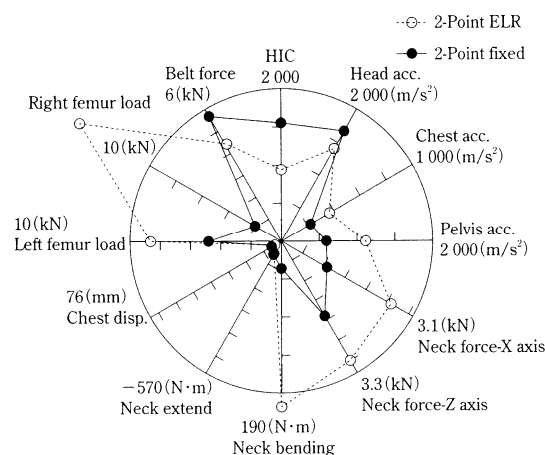
図 2 タイプ別 2 点式シートベルト着用乗客の傷害値比較[4]
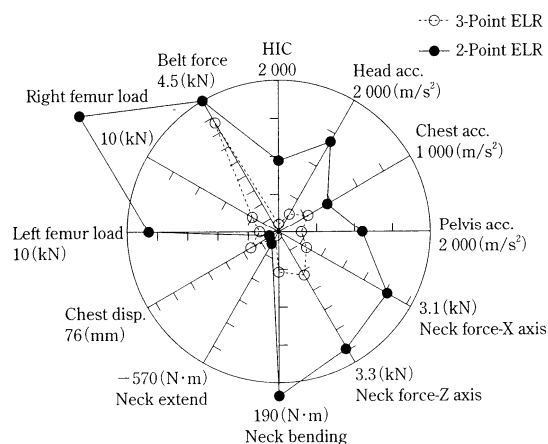
図 3 2 点式・3 点式シートベルト着用乗客の傷害値比較[4]

4　落下阻止後に人体にかかる負担

1)　吊り下げ実験

前述したように，フルハーネス型安全帯と胴ベルト型安全帯の落下阻止時に身体にかかる影響の違いを示すような実験は，行われていない．しかし，落下阻止後の吊り下げ状態の身体への影響については，落下阻止より身体に対する影響が小さいと考えられるが，これについて13 人の被験者を用いた実験 [5] が行われている．その概要を以下に紹介する．

2)　吊り下げ実験方法

比較に用いた安全帯は，フルハーネス，胸ハーネス（上半身のみ保持する），胴ベルトの 3 種類である．

この 3 種類の安全帯について，13 人のボランティアに対して人体にかかる負担が最も少ないと考えられる静止状態での吊り下げ試験を行った．胴ベルト及びフルハーネスによる吊り下げ状態を写真 2，写真 3 に示す．

吊り下げ前に，腕に血圧センサー，サーミスター式呼吸センサー，2 チャンネルの心電センサーを取り付け，吊り下げている間，これらの生体データを測定した．また，吊り下げの間，被験者に身体的状況及び心理的状況について継続して聞き取り調査を行い，それを音声記録した．吊り下げは，本人の申請か，生体データに基づく医学的判断により終了させた．このときの，吊り下げ時間を計測した．

3)　吊り下げ実験結果

吊り下げ時間のまとめを表 1 に示す．また，吊り下げ終了の判断を行った者（被験者／医師）の件数を表 2 に示す．さらに，吊り下げ終了の理由となった症状の件数と割合（パーセント）を表 3 に示す．なお，症状は重複を認めているので合計は 100%を超える．

静止状態での吊り下げでは，表 1 に見られるように，許容吊り下げ時間の平均はフルハーネスが最も長い．身体的諸症状は，フルハーネスでは下半身に多く現れ，胸ハーネスでは上肢に顕著である．胴ベルトは，腹部の圧迫と呼吸困難のため最も我慢できなかったと推察される．ベルト／ハーネスの身体保持の構造の違いによって身体の負担がかかる箇所は変わるが，吊り下げ時間からは，フルハーネスが全体としての身体的負担が一番少ないと考えられる．

4)　救急の対応

上記の実験結果が示すものは，たとえフルハーネス型安全帯といえども吊り下げられるだけで身体にかなりの負担になるということである．そのため，英国では落下阻止後の救急対策への対応を要求 [6] している．また，米英の法令にもそう解釈てきる項目も存在する（次ページ法令抜粋参照）．

5　おわりに

胴ベルト型安全帯で落下阻止して助かったという話も聞くが，負傷する可能性もある．従来の胴ベルト型安全帯は，少なくとも落下阻止して地面との衝突による死亡を防ぐことは可能であるが，腹部に装着した場合，落下

表 1　許容吊り下げ時間（分）[5]

	フル ハーネス	胸 ハーネス	胴 ベルト
データの 範囲	5.08 30.12	0.62 13.13	0.35 4.76
平均	14.38	6.08	1.63
標準偏差	±8.01	±3.35	±1.25

表 2　試験終了の判定者の数と割合（%）[5]

	フル ハーネス	胸 ハーネス	胴 ベルト
医師	11（85）	9（69）	3（23）
被験者	2（15）	4（31）	10（77）
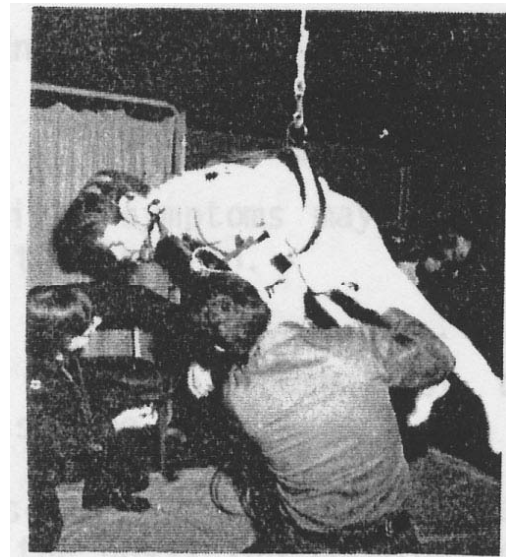
写真 2　胴ベルトによる吊り下げ状態 [5]

写真 3　フルハーネスによる吊り下げ状態 [5]

表３　テスト終了の症状(件数と割合) [5]

	フル ハーネス	胸 ハーネス	胴 ベルト
症状	件数（割合：%）		
呼吸困難	0(0)	0(0)	9(69)
圧迫：腋窩	0(0)	4(31)	0(0)
圧迫：腹	0(0)	2(15)	7(54)
圧迫：股間	2(15)	0(0)	0(0)
四肢のしびれ	3(23)	3(23)	0(0)
四肢血色喪失	1(8)	0(0)	0(0)
眠気	1(8)	1(8)	0(0)
不安	0(0)	1(8)	1(8)
吐き気	4(31)	2(15)	1(8)
頭／胴の紅潮	3(23)	2(15)	2(15)
めまい	7(54)	6(45)	0(0)
気絶	1(8)	0(0)	0(0)

阻止時に内臓を打ち障害を受ける可能性もある．腰部に装着して骨盤部で荷重を受けるようにすれば腹部を打つことは防げるが，使用中にベルトの位置がずれないという保証はない．フルハーネス型安全帯ではこのような可能性は大幅に減少すると考えられる．この観点からフルハーネスの普及が期待される．そのために，胴ベルト型安全帯に対するフルハーネス型安全帯の優位性を示すデータの提供を続けたい．この報告が，その一助になれば幸いである．

文　　献

1) http://www.fujii-denko.co.jp/anzentai/pdf/SN395.pdf 取扱説明書 SN.395.
2) Labarg G, Harnessing the Full Power of Fall Protection. Occup Hazards, 1998; 60:29-30,32.
3) 一杉正仁，高津光洋，重田聡男，青木寛明，剖検例から見た自動車乗員の交通外傷分析，交通科学研究資料，1999; 40:15-18.
4) 三石洋之，松村隆，長瀬博和，バス乗客の安全性，自動車技術，2005; 59: 35-38.
5) Orzech M A et al, Evaluation of fall protection equipment by prolonged motionless suspension of volunteers., Proc Annu Symp SAFE Assoc, 1986; 24: 48-53
6) http://www.hse.gov.uk/falls/harness.htm　First aid management for harness suspension when working at height
7) http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=10758
8) http://www.jniosh.go.jp/icpro/jicosh-old/japanese/country/uk/topics/height_regulations2005/index.html

OSHA **1926.502(d)(20)** [7]

雇用者は，使用者の墜落時の速やかな救護手段を用意するか，使用者自身が自分で助かることができるようにしなければならない．（著者訳）

The employer shall provide for prompt rescue of employees in the event of a fall or shall assure that employees are able to rescue themselves.（原文）

イギリス2005年高所作業規則 [8]

附則第５条　本規則第８(d)条
第１　全ての個人用墜落防止設備の要件
個人用墜落防護システムは、
リスクアセスメントで
これらの個人用墜落防護システムを使用しているとき作業が、合理的に実行可能な限り、安全に行なうことができる、
その他のより安全な作業設備が無理なく実行ができない、が明らかになったとき、
使用者及び利用する大多数の人が、救助活動を含め、予想される操作について適切に訓練を受けているとき、
に使用されなければならない。